

Studi Literatur *Deep Learning* dan *Machine Learning* untuk Analisis dan Prediksi Pasar Saham: Metodologi, Representasi Data dan Studi Kasus

Eka Purnama Sari¹, Syaiful Bachri M^{1,*}, Muhammad Atnang¹, Sahriani¹, Nurhikmah Fajar¹

¹ Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Sains Teknologi dan Kesehatan, Institut Sains Teknologi dan Kesehatan `Aisyiyah Kendari

² Program Studi Teknnik Komputer, Fakultas Teknik, Institut Teknologi dan Sains Muhammadiyah Kolaka Timur

*Correspondence: sbm@istekaisyiyah.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji penggunaan model *Machine Learning* (ML) dan *Deep Learning* (DL) untuk peramalan harga saham, sebuah topik yang semakin relevan di sektor keuangan. Model ensemble "Random Forest + XG-Boost + LSTM" terbukti memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan model ML dan DL lainnya, menunjukkan bahwa integrasi model dapat meningkatkan akurasi prediksi. Penelitian lain juga menyoroti potensi jaringan deep learning untuk analisis pasar saham, menemukan bahwa jaringan saraf dapat mengekstrak informasi tambahan yang meningkatkan kinerja prediksi, meskipun sangat bergantung pada representasi data yang digunakan. Penggabungan variabel sentimen publik dari media sosial dengan variabel teknis dapat meningkatkan akurasi prediksi, terutama dalam kondisi pasar yang tidak stabil. Berdasarkan tinjauan pustaka komprehensif terhadap lebih dari 150 artikel dan menemukan bahwa algoritma ML, terutama RNN, menunjukkan kinerja unggul dalam prediksi pasar keuangan. Model yang menggunakan sentimen dari media sosial untuk memprediksi pergerakan harga saham, menunjukkan bahwa informasi sentimen dapat memberikan informasi tambahan yang signifikan untuk prediksi. Penelitian-penelitian ini menegaskan pentingnya penggunaan model ML dan DL dalam peramalan harga saham serta manfaat integrasi variabel non-teknis seperti sentimen dari media sosial dengan variabel teknis. Meski demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memperluas cakupan data dan menguji generalisasi model pada berbagai pasar saham global serta periode waktu yang lebih panjang.

Kata kunci: *Machine Learning*; *Deep Learning*; Peramalan Harga Saham; *Random Forest*; *Long Short-Term Memory*

1. PENDAHULUAN

Penelitian tentang prediktabilitas pasar saham memiliki sejarah yang panjang dalam ekonomi keuangan (Bradley, 1950; Granger & Morgenstern, 1970; Bondt & Thaler, 1985; Campbell & Hamao, 1992; Ang & Bekaert, 2007; Campbell & Thompson, 2008; Bacchetta, Mertens, & Van Wincoop, 2009; Campbell, 2012). Meskipun terdapat perbedaan pendapat tentang efisiensi pasar, banyak studi empiris yang diterima secara luas menunjukkan bahwa pasar keuangan dapat diprediksi hingga batas tertentu (Ferreira & Santa-Clara, 2011; Kim, Shamsuddin, & Lim, 2011; Bollerslev, Marrone, Xu, & Zhou, 2014; Phan, Sharma, & Narayan, 2015). Di antara metode untuk prediksi return saham, metode ekonometrik atau statistik

berdasarkan analisis pergerakan pasar masa lalu telah menjadi pendekatan yang paling umum.

Namun, kemampuan metode tradisional untuk memprediksi pasar saham dengan akurat masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penggunaan jaringan pembelajaran mendalam (*Deep Learning*) untuk analisis dan prediksi pasar saham. Kemampuan *Deep Learning* untuk mengekstrak fitur dari sejumlah besar data mentah tanpa bergantung pada pengetahuan sebelumnya tentang prediktor membuatnya berpotensi menarik untuk prediksi pasar saham pada frekuensi tinggi (Chong, Han, & Park, 2017). Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menyediakan analisis sistematis tentang penggunaan jaringan pembelajaran mendalam (*Deep Learning*) untuk analisis dan prediksi pasar saham. Peneliti ingin menguji efek dari tiga metode ekstraksi fitur yang tidak diawasi (PCA, *autoencoder*, dan *restricted Boltzmann machine*) pada kemampuan jaringan untuk memprediksi perilaku pasar masa depan (Chong, Han, & Park, 2017). Penelitian ini berusaha untuk mengisi gap dalam literatur dengan memberikan wawasan praktis dan arah yang berguna untuk investigasi lebih lanjut tentang bagaimana jaringan pembelajaran mendalam dapat digunakan secara efektif untuk analisis dan prediksi pasar saham.

Dalam studi ini, Sonkavde et al. (2023) berfokus pada penggunaan model *Machine Learning* dan *Deep Learning* untuk meramalkan harga saham di pasar modal. Masalah ini penting untuk diteliti karena pasar saham yang sulit diprediksi, sehingga diperlukan pendekatan baru berbasis kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi peramalan (Sonkavde et al. 2023). Tujuan utama dari penelitian ini adalah menyediakan tinjauan sistematis atas penggunaan model *Machine Learning* dan *Deep Learning* dalam peramalan harga saham, serta mengimplementasikan model ensemble untuk memprediksi harga saham (Sonkavde et al. 2023). Hipotesis atau pertanyaan penelitian yang diajukan adalah apakah model *Machine Learning* dan *Deep Learning* dapat meningkatkan akurasi peramalan harga saham dibandingkan pendekatan tradisional (Sonkavde et al. 2023).

Konteks atau latar belakang masalah penelitian ini adalah pentingnya pasar saham bagi kondisi ekonomi suatu negara, serta kesulitan dalam memprediksi pergerakan harga saham (Sonkavde et al. 2023). Gap atau kekurangan dalam literatur yang ingin diisi adalah masih terbatasnya tinjauan komprehensif atas penggunaan model *Machine Learning* dan *Deep Learning* dalam peramalan harga saham (Sonkavde et al. 2023). Kontribusi utama dari penelitian ini adalah menyediakan tinjauan sistematis atas model-model terkini, serta implementasi model ensemble untuk peramalan harga saham (Sonkavde et al. 2023). Metode penelitian yang digunakan adalah tinjauan sistematis literatur dan implementasi model ensemble (Sonkavde et al. 2023). Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah identifikasi model machine learning dan deep learning terbaik untuk peramalan harga saham, serta peningkatan akurasi peramalan (Sonkavde et al. 2023). Pihak yang akan mendapat manfaat dari hasil penelitian ini adalah investor, trader, dan lembaga keuangan yang terlibat dalam pasar modal (Sonkavde et al. 2023).

Masalah atau fenomena yang menjadi fokus penelitian ini adalah evaluasi kinerja *Algoritma Machine Learning* dalam memprediksi pasar keuangan. Penelitian ini penting



karena dengan semakin besarnya persaingan dan kecepatan di pasar keuangan, metode peramalan yang tangguh semakin berharga bagi investor (Ryll & Seidens, 2019). Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menyediakan tinjauan komprehensif atas artikel terkait yang menerapkan *Machine Learning* untuk peramalan pasar keuangan (Ryll & Seidens, 2019). Hipotesis utama penelitian ini adalah bahwa *Algoritma Machine Learning* memberikan kinerja prediktif yang lebih unggul dibandingkan model stokastik karena kemampuan mereka dalam menangkap pola *non-linier* yang berulang dalam deret waktu (Ryll & Seidens, 2019).

Konteks atau latar belakang dari masalah penelitian ini adalah bahwa meskipun pentingnya *machine learning* di industri keuangan terus meningkat, tingkat konsolidasi dan standardisasi akademik di bidang ini masih relatif jarang (Ryll & Seidens, 2019). Gap atau kekurangan dalam literatur yang ingin diisi oleh penelitian ini adalah kurangnya analisis komprehensif atas algoritma yang berbeda dan temuan masing-masing (Ryll & Seidens, 2019). Kontribusi utama dari penelitian ini adalah menyediakan tinjauan sistematis atas evolusi penelitian dalam penerapan *Machine Learning* di pasar keuangan, serta mengusulkan dan mengonfirmasi hipotesis yang kokoh tentang kinerja kelas algoritma tertentu berdasarkan analisis peringkat (Ryll & Seidens, 2019).

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah tinjauan literatur komprehensif dan analisis peringkat (Ryll & Seidens, 2019). Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan wawasan tentang keunggulan relatif *Algoritma Machine Learning* dan *deep learning* untuk peramalan pasar keuangan, yang dapat bermanfaat bagi investor dan pembuat kebijakan (Ryll & Seidens, 2019). Pihak yang akan mendapat manfaat dari hasil penelitian ini adalah investor dan pembuat kebijakan di bidang keuangan (Ryll & Seidens, 2019).

2. LITERATUR REVIEW

2.1 Penggunaan Model Machine Learning dan Deep Learning untuk Prediksi Harga Saham

Penelitian tentang prediktabilitas pasar saham memiliki sejarah panjang dalam ekonomi keuangan. Banyak studi empiris yang diterima secara luas menunjukkan bahwa pasar keuangan dapat diprediksi hingga batas tertentu (Sonkavde et al., 2023; Ferreira & Santa-Clara, 2011; Kim, Shamsuddin, & Lim, 2011). Di antara metode untuk prediksi return saham, metode ekonometrik atau statistik berdasarkan analisis pergerakan pasar masa lalu telah menjadi pendekatan yang paling umum. Namun, dengan kemajuan teknologi, pendekatan berbasis *machine learning* dan *deep learning* mulai mendapatkan perhatian lebih.

2.2 Machine Learning dan Deep Learning dalam Prediksi Harga Saham

Literatur review yang dilakukan oleh Sonkavde et al. (2023) berfokus pada penggunaan model machine learning dan deep learning untuk meramalkan harga saham di pasar keuangan. Penelitian-penelitian terdahulu telah menunjukkan potensi teknik-teknik kecerdasan buatan ini dalam meningkatkan akurasi prediksi harga saham dibandingkan

dengan analisis tradisional (Sonkavde et al., 2023). Beberapa studi sebelumnya telah menerapkan *algoritma supervised* dan *unsupervised machine learning*, *ensemble algorithms*, *time series analysis*, serta *deep learning algorithms* untuk memprediksi harga saham dan mengklasifikasikan masalah-masalah yang terkait (Sonkavde et al., 2023). Di sisi lain, penelitian lain juga telah memanfaatkan teknik analisis fundamental dan teknikal untuk memahami tren pasar, meskipun memiliki keterbatasan dalam akurasi prediksi (Manish & Thenmozhi, 2014).

Literatur review ini mengidentifikasi adanya kebutuhan untuk penelitian yang lebih komprehensif dalam mengintegrasikan berbagai model *machine learning* dan *deep learning* untuk prediksi harga saham. Artikel ini berkontribusi untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengimplementasikan model ensemble *Random Forest* + *XG-Boost* + *LSTM* dan melakukan analisis perbandingan dengan model *machine learning* dan *deep learning* populer lainnya (Sonkavde et al., 2023).

2.3 Integrasi Informasi dari Media Sosial dan Berita

Zolfagharinia et al. (2024) berfokus pada pemanfaatan informasi dari *tweet* dan berita untuk memprediksi harga saham menggunakan teknik *machine learning*. Prediksi harga saham memainkan peran penting dalam perilaku investor kecil, semakin banyak investor individu terlibat dalam pasar saham, semakin penting untuk mengembangkan model prediksi yang andal (Zolfagharinia et al., 2024). Penelitian ini mengembangkan metode yang lebih efektif untuk memprediksi harga saham di Amerika Utara dengan memanfaatkan informasi dari *tweet* dan berita (Zolfagharinia et al., 2024).

Hipotesis utama dari penelitian ini adalah bahwa informasi dari *tweet* dan berita memiliki relevansi signifikan dalam prediksi harga saham, serta potensi nilai dari mempertimbangkan parameter tersebut dalam strategi perdagangan algoritmik, terutama selama masa-masa kepanikan pasar (Zolfagharinia et al., 2024). Dengan mengembangkan jaringan saraf *multi-layer perceptron* (MLP) dan *long short-term memory* (LSTM), penelitian ini menyelidiki pengaruh variabel jumlah *tweet* (TC) dan jumlah berita (NC) pada prediksi harga saham dalam kondisi normal dan masa kepanikan pasar (Zolfagharinia et al., 2024).

2.4 Evaluasi Algoritma Machine Learning dalam Peramalan Keuangan

Dalam *literatur review* komprehensif, Ryll dan Seidens (2019) meneliti pemanfaatan algoritma pembelajaran mesin untuk peramalan pasar keuangan. Topik utama yang dibahas dalam studi ini adalah evaluasi performa berbagai algoritma pembelajaran mesin dalam memprediksi tren pasar keuangan. Temuan utama dari penelitian-penelitian terdahulu yang dibahas adalah bahwa algoritma pembelajaran mesin cenderung mengungguli metode stokastik tradisional dalam peramalan pasar keuangan. Selain itu, secara rata-rata algoritma jaringan saraf rekuren menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan jaringan saraf umpan maju serta mesin vektor pendukung, mengindikasikan adanya dependensi temporal yang dapat dimanfaatkan dalam deret waktu keuangan (Ryll & Seidens, 2019).

Meskipun penelitian di bidang ini terus berkembang, penulis mengidentifikasi beberapa kesenjangan dalam literatur, yaitu kurangnya analisis konsolidasi dan standarisasi akademik, serta kurangnya perbandingan komprehensif antara kelas algoritma yang berbeda (Ryll & Seidens, 2019). Oleh karena itu, *literatur review* ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan melakukan analisis peringkat untuk menilai performa relatif berbagai algoritma pembelajaran mesin dalam peramalan pasar keuangan (Ryll & Seidens, 2019).

2.5 Analisis Sentimen Media Sosial

Nguyen et al. (2015) membahas analisis sentimen pada media sosial untuk memprediksi pergerakan harga saham. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan hasil yang saling bertentangan mengenai kemampuan prediktif sentimen dari media sosial terhadap pasar saham. Penulis mengidentifikasi kesenjangan atau kekurangan dalam penelitian terdahulu, yaitu penggunaan fitur 'topik-sentimen' yang menggabungkan topik dan sentimen terkait topik tersebut belum pernah dieksplorasi sebelumnya untuk memprediksi pergerakan harga saham. Penelitian ini berkontribusi untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengusulkan metode baru untuk mengekstrak fitur 'topik-sentimen' dan menggunakannya untuk memprediksi pergerakan harga saham (Nguyen et al., 2015).

Table 1. Analisis Prediksi Pasar Saham Yang telah dilakukan Sebelumnya

Objek yang Diteliti	Metode yang Digunakan	Hasil Penelitian	Referensi
Prediksi harga saham menggunakan <i>machine learning</i>	<i>Supervised & unsupervised ML, ensemble algorithms</i>	Model ML & DL meningkatkan akurasi prediksi dibandingkan analisis tradisional	Sonkavde et al., 2023
Analisis sentimen media sosial untuk prediksi saham	Analisis sentimen, 'topik-sentimen' fitur extraction	Metode 'topik-sentimen' meningkatkan kemampuan prediksi pergerakan harga saham	Nguyen et al., 2015
Pemanfaatan tweet & berita untuk prediksi saham	MLP & LSTM untuk <i>tweet</i> & berita analisis	Informasi dari tweet & berita meningkatkan akurasi prediksi harga saham selama kondisi normal & kepanikan	Zolfagharinia et al., 2024



Evaluasi algoritma ML dalam peramalan keuangan	<i>Recurrent neural networks, feed-forward neural networks</i>	Algoritma ML mengungguli metode stokastik dalam peramalan pasar keuangan, RNN menunjukkan performa terbaik	Ryll & Seidens, 2019
--	--	--	----------------------

3. PENGGUNAAN METODE

3.1 Penggunaan Model Machine Learning dan Deep Learning untuk Prediksi Harga Saham

Dalam studi yang dilakukan oleh Sonkavde et al. (2023), desain penelitian yang digunakan adalah tinjauan sistematis (*systematic review*) untuk mengeksplorasi penggunaan model *machine learning* dan *deep learning* dalam peramalan harga saham. Teknik utama yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah tinjauan literatur terkait topik tersebut. Studi ini menggunakan analisis kualitatif dan kuantitatif, termasuk implementasi model ensemble "Random Forest + XG-Boost + LSTM" untuk meramalkan harga saham (Sonkavde et al., 2023).

Chong, Han, dan Park (2017) tidak menyebutkan secara eksplisit desain penelitian mereka, namun dapat disimpulkan sebagai studi kasus yang menggunakan data harga saham intraday. Data dikumpulkan menggunakan harga saham intraday tanpa penjelasan rinci mengenai prosedur pengumpulan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode deep learning, termasuk *principal component analysis*, *autoencoder*, dan *restricted Boltzmann machine* (Chong et al., 2017).

Zolfagharinia et al. (2024) menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengembangkan model prediksi harga saham menggunakan teknik *machine learning* dengan memanfaatkan data Twitter dan berita dari Bloomberg. Model yang digunakan adalah jaringan saraf tiruan *multi-layer perceptron* (MLP) dan *long short-term memory* (LSTM) [Zolfagharinia et al., 2024]. Ryll dan Seidens (2019) melakukan studi literatur atau tinjauan pustaka komprehensif untuk mengevaluasi kinerja algoritma pembelajaran mesin dalam peramalan pasar keuangan. Studi ini menyoroti lebih dari 150 artikel terkait dan melakukan analisis peringkat (*rank analysis*) untuk menilai kinerja relatif algoritma pembelajaran mesin yang berbeda (Ryll & Seidens, 2019). Nguyen, Shirai, dan Velcin (2015) menggunakan desain penelitian prediktif/eksplanatori dan mengumpulkan data dari *message board online*. Analisis data dilakukan dengan menggunakan model prediksi saham berbasis sentimen, namun software atau alat analisis yang digunakan tidak dijelaskan secara eksplisit (Nguyen et al., 2015).

Table 2. Penelitian Menggunakan Metode Deep Learning Machine Learning

Metode yang Digunakan	Objek yang Diteliti	Hasil Penelitian	Referensi
<i>Machine Learning dan Deep Learning</i>	Prediksi harga saham menggunakan ML & DL	Model ML & DL meningkatkan akurasi prediksi dibandingkan analisis tradisional	Sonkavde et al., 2023
		Metode <i>deep learning</i> seperti PCA, <i>autoencoder</i> , dan RBM digunakan untuk prediksi saham	
PCA dan RBM	Prediksi harga saham intraday	Informasi dari Twitter dan berita meningkatkan akurasi prediksi harga saham selama kondisi normal & kepanikan	Chong et al., 2017
Kuantitatif	Prediksi harga saham menggunakan data Twitter dan berita	Algoritma ML mengungguli metode stokastik dalam peramalan pasar keuangan, RNN menunjukkan performa terbaik	Zolfagharinia et al., 2024
stokastik	Evaluasi kinerja algoritma ML dalam peramalan pasar keuangan	Sentimen dari media sosial digunakan untuk prediksi pergerakan harga saham	Ryll & Seidens, 2019
Prediktif/Eksplanatori	Prediksi harga saham berbasis sentimen dari media sosial		Nguyen et al., 2015

4. KESIMPULAN

Penggunaan model *machine learning* (ML) dan *deep learning* (DL) untuk peramalan harga saham telah menjadi topik penelitian yang sangat diminati. Menurut Sonkavde et al. (2023), model ensemble "Random Forest + XG-Boost + LSTM" menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam peramalan harga saham dibandingkan dengan model ML dan DL lainnya. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi beberapa model dapat meningkatkan akurasi prediksi harga saham, memberikan keuntungan signifikan dibandingkan dengan teknik tradisional seperti analisis teknis dan fundamental. Namun, perlu dicatat bahwa model ini hanya diuji pada dua saham, sehingga generalisasinya mungkin terbatas (Sonkavde et al., 2023).

Penelitian oleh Chong et al. (2017) menyoroti potensi jaringan deep learning untuk analisis dan prediksi pasar saham. Mereka menemukan bahwa jaringan saraf dalam *deep learning* dapat mengekstrak informasi tambahan dari model autoregresif, yang pada gilirannya meningkatkan kinerja prediksi. Ini menegaskan bahwa *deep learning* dapat menangani data pasar saham frekuensi tinggi dengan efektif. Namun, kinerja algoritma *deep learning* sangat bergantung pada metode representasi data yang digunakan, yang merupakan aspek penting yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan model (Chong et al., 2017).

Zolfagharinia et al. (2024) mengembangkan model ML yang menggunakan variabel jumlah tweet (TC) dan jumlah berita (NC) untuk meningkatkan akurasi prediksi harga saham. Hasil penelitian menunjukkan bahwa menggabungkan variabel sentimen publik dari media sosial dengan variabel teknis dapat meningkatkan akurasi prediksi, terutama dalam kondisi pasar yang tidak stabil. Penelitian ini menekankan pentingnya mempertimbangkan informasi non-teknis, seperti sentimen publik, dalam peramalan harga saham untuk memberikan wawasan yang lebih komprehensif dan relevan bagi para investor dan *trader* [Zolfagharinia et al., 2024].

Ryll dan Seidens (2019) melakukan tinjauan pustaka komprehensif terhadap lebih dari 150 artikel yang membahas penerapan algoritma ML dalam peramalan pasar keuangan. Mereka menyimpulkan bahwa algoritma ML secara umum memiliki kinerja yang unggul dibandingkan metode stokastik konvensional. RNN, khususnya, menunjukkan hasil terbaik dalam berbagai eksperimen yang mereka analisis. Temuan ini memperkuat argumen bahwa model ML menawarkan pendekatan yang lebih efektif dan efisien dalam memprediksi perilaku pasar keuangan (Ryll & Seidens, 2019).

Penelitian oleh Nguyen et al. (2015) mengusulkan model prediksi harga saham dengan memanfaatkan sentimen dari media sosial. Model ini tidak hanya mempertimbangkan sentimen secara keseluruhan tetapi juga dari topik-topik spesifik yang relevan dengan perusahaan. Evaluasi empiris menunjukkan bahwa sentimen dari media sosial dapat memberikan informasi tambahan yang signifikan untuk prediksi harga saham. Integrasi informasi sentimen dengan model prediksi berbasis harga historis dapat menghasilkan model yang lebih akurat dan komprehensif, memberikan nilai tambah bagi para analis pasar saham (Nguyen et al., 2015).

Dengan demikian, penelitian-penelitian ini menggarisbawahi pentingnya penggunaan model ML dan DL dalam peramalan harga saham. Integrasi variabel non-teknis seperti sentimen dari media sosial dengan variabel teknis tradisional dapat meningkatkan akurasi prediksi dan memberikan wawasan yang lebih mendalam. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memperluas cakupan data dan menguji generalisasi model pada berbagai pasar saham global serta periode waktu yang lebih panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua peneliti dan penulis yang karya ilmiahnya menjadi landasan utama dalam *Study Literature* ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada



dosen pembimbing atas dukungan moral dan bantuan teknisnya. Semua kontribusi dan bimbingan beliau sangat berarti bagi kelancaran penelitian ini. Terima kasih atas segala bantuan dan doa yang telah mendorong saya selama proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bao, W., Yue, J., & Rao, Y. (2017). A deep learning framework for financial time series using stacked autoencoders and long-short term memory. PLoS ONE, 12(7), e0180944. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180944>
- Boldyreva, L. B., & Yevseyeva, I. V. (2020). Forecasting stock prices using machine learning algorithms. Journal of Physics: Conference Series, 1690(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1690/1/012007>
- Chan, J., & Woo, W. (2022). The effects of Twitter posts on the stock market: Evidence from Tweets about earnings announcements. Journal of Banking & Finance, 123, 106326. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2021.106326>
- Chong, E., Han, C., & Park, F. C. (2017). Deep learning networks for stock market analysis and prediction: Methodology, data representations, and case studies. Expert Systems with Applications, 83, 187-205. doi:10.1016/j.eswa.2017.04.030
- Ding, X., Zhang, Y., Liu, T., & Duan, Q. (2015). Deep learning for event-driven stock prediction. In Proceedings of the 24th International Conference on Artificial Intelligence, 2327-2333. <https://doi.org/10.5555/2888116.2888222>
- Georgescu, M. (2021). Predicting stock prices using a hybrid model based on neural networks and technical analysis. Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research, 55(3), 145-164. <https://doi.org/10.24818/18423264/55.3.21.11>
- Hsia, C. H., Huang, S. Y., & Fu, T. T. (2018). Stock price prediction using reinforcement learning. 2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 1-6. <https://doi.org/10.1109/IJCNN.2018.8489373>
- Khandelwal, K., Kumar, V., & Jindal, A. (2021). Stock price prediction using LSTM, RNN and GRU. 2021 International Conference on Data Engineering and Communication Technology (ICDECT), 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICDECT51211.2021.9626185>
- Kimoto, T., Asakawa, K., Yoda, M., & Takeoka, M. (1990). Stock market prediction system with modular neural networks. Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 1, 1-6. <https://doi.org/10.1109/IJCNN.1990.137083>
- Lipton, Z. C., Berkowitz, J., & Elkan, C. (2015). A critical review of recurrent neural networks for sequence learning. arXiv preprint arXiv:1506.00019.
- Møller, M. F. (1993). A scaled conjugate gradient algorithm for fast supervised learning. Neural Networks, 6(4), 525-533. [https://doi.org/10.1016/S0893-6080\(05\)80056-5](https://doi.org/10.1016/S0893-6080(05)80056-5)
- Nguyen, T. H., Shirai, K., & Velcin, J. (2015). Sentiment analysis on social media for stock movement prediction. Expert Systems with Applications, 42(24), 9603-9611. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.07.052>



- Ryll, L., & Seidens, S. (2019). Evaluating the performance of machine learning algorithms in financial market forecasting: A comprehensive survey. arXiv preprint arXiv:1906.07786.
- Sharma, A., & Yildirim, D. (2020). A systematic review of financial time series forecasting: A machine learning perspective. *Applied Soft Computing*, 87, 105965. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.105965>
- Sonkavde, G., Dharrao, D. S., Bongale, A. M., Deokate, S. T., Doreswamy, D., & Bhat, S. K. (2023). Forecasting stock market prices using machine learning and deep learning models: A systematic review, performance analysis and discussion of implications.
- Srinivas, P., & Seenaiiah, K. (2020). Financial Time Series Forecasting Using Machine Learning Algorithms: A Survey. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.09.014>
- Sutskever, I., Vinyals, O., & Le, Q. V. (2014). Sequence to sequence learning with neural networks. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, 3104-3112.
- Wei, W., & Wang, J. (2018). Stock market prediction with multi-layer LSTM networks. *IEEE Access*, 6, 4262-4269. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2784197>
- Yoon, J. H., Yang, H. J., & Yoon, S. M. (2020). Time series forecasting of stock prices using deep learning. *Applied Sciences*, 10(7), 2538. <https://doi.org/10.3390/app10072538>
- Zheng, Z., & Luo, Z. (2020). A survey of deep learning for financial market forecasting. *Technological Forecasting and Social Change*, 152, 119887. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119887>
- Zolfagharinia, H., Najafi, M., Rizvi, S., & Haghighi, A. (2024). Unleashing the Power of Tweets and News in Stock-Price Prediction Using Machine-Learning Techniques. *Algorithms*, 17(6), 234. <https://doi.org/10.3390/a17060234>